

# **PROJECTO NATO PO-FLOODRISK**

## **JORNADA TÉCNICA**

**LNEC - 6 DE NOVEMBRO DE 1997**

### **RISCO E GESTÃO DE CRISES EM VALES A JUSANTE DE BARRAGENS**

#### **VULNERABILIDADE E RISCO DE ROTURA DE BARRAGENS**

**António BETÂMIO DE ALMEIDA<sup>(1)</sup>**

#### **RESUMO**

O actual Regulamento de Segurança de Barragens (RSB) exige um conjunto de procedimentos importantes relativos à segurança dos vales a jusante das barragens e à gestão de crises de emergência.

O Projecto NATO-POFLOODRISK tem o apoio do INAG, SNPC e EDP e tem como objectivo principal o desenvolvimento de novas metodologias para a gestão do risco relativo a acidentes em barragens. Para o efeito, estando prevista a execução de trabalhos práticos de desenvolvimento numa zona de estudo real.

De entre os aspectos a reflectir, tendo em vista a definição de sistemas de prevenção e de protecção eficazes, contam-se os referentes aos planos de emergência e do sistema de aviso e alerta às populações (gestão de crise) mas, também, os referentes à gestão do risco nos vales durante a fase de exploração das barragens por forma a garantir o controlo do risco e a mitigação da vulnerabilidade humana ao longo dos vales.

A comunicação tem por objectivo apresentar os objectivos gerais do Projecto NATO neste domínio e salientar alguns aspectos críticos relacionados com o RSB e a gestão do risco nos vales por forma a suscitar o debate e a recolha de sugestões ou propostas.

#### **PALAVRAS-CHAVE:**

---

<sup>(1)</sup> Director do projecto

## **1- INTRODUÇÃO**

A questão de fundo é da maior importância e actualidade: a protecção de vidas e bens contra os efeitos da água em excesso sob a forma de inundações ou cheias, encarada sob a dupla perspectiva da incerteza do evento e da susceptibilidade ou tolerância humana relativamente a esses efeitos. A questão em particular diz respeito aos efeitos resultantes de acidentes em barragens nos vales a jusante. Trata-se de um potencial evento cuja expectativa de ocorrência é felizmente, muito pequena mas que não deixa de ter de ser considerada segundo os padrões de uma Sociedade civilizada. Esta atitude reflecte-se nos regulamentos e códigos oficiais de segurança como é o caso do Regulamento de Segurança de Barragens (RSB, Decreto-Lei nº11/90, de 6 de janeiro). Este regulamento impõe procedimentos que se relacionam de um modo muito forte com a problemática da segurança nos vales a jusante de barragens e que levantam questões importantes no que diz respeito à sua aplicação e à prática da gestão do risco nessas áreas do território.

O Projecto NATO PO-FLOODRISK “Dam-Break Flood Risk Management in Portugal”, em execução no LNEC/IST com apoio do Instituto da Água (INAG), do Serviço Nacional de Protecção Civil (SNPC) e da Electricidade de Portugal (EDP), tem como um dos objectivos principais contribuir de forma teórica e prática para o avanço dos conhecimentos e da definição de medidas de metodologias de protecção eficazes neste domínio.

Na presente Jornada Técnica pretende-se suscitar o debate e a reflexão em torno de alguns aspectos especiais da aplicação do RSB relacionadas com a questão do risco e de crises provocadas por roturas de barragens e por cheias naturais. Os resultados da reunião serão tidos em consideração no desenvolvimento dos trabalhos no âmbito do Projecto na zona de estudo seleccionada: o vale do rio Arade, a jusante das barragens do Arade e do Funcho.

## **2- O RSB E O RISCO NOS VALES**

### **2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O RSB inclui de uma forma clara e inequívoca a possibilidade real de cenários de catástrofe associados a ocorrências excepcionais (cenários de ruptura) nomeadamente acidentes cuja evolução não controlada “é susceptível de conduzir à ruptura de uma ou mais componentes estruturais, podendo originar uma onda de inundação” (Artigo 3º). Nesta conformidade, o RSB especifica algumas medidas de segurança nas diversas fases da vida da obra “com vista ao conhecimento adequado e continuado do estudo da barragem, á detecção oportuna de eventuais anomalias e a uma intervenção eficaz sempre que esta se revele necessária (Artigo 3º).

De uma forma muito simplificada, o RSB define um conceito de **risco efectivo** como sendo o produto da probabilidade de ocorrência do acidente com ele relacionado pela quantificação das consequências desse acidente (risco potencial). Este risco potencial é graduado em três níveis (baixo, significativo ou elevado) de acordo com as perdas em vidas humanas e bens materiais (Artigo 3º).

De acordo com o RSB, a segurança de barragem, entendida com a capacidade para satisfazer as exigências de comportamento necessárias para evitar incidentes e acidentes, deverá ter em conta os aspectos estruturais, hidráulicos, operacionais e ambientais. No que se refere a estes últimos, o RSB refere as exigências relativas à limitação de incidências prejudiciais sobre o ambiente, designadamente sobre os meios populacionais e produtivos (Artigo 3º).

## 2.2 TÓPICOS ESPECÍFICOS

Os procedimentos relativos ao controlo de segurança impostos pelo RSB envolvem as fases de projecto, de exploração e de abandono e demolição.

### - Fase de Projecto

Estudo dos **riscos potenciais** induzidos pelo aproveitamento (barragem) tendo em vista a definição dos critérios de dimensionamento e para servir de base ao **planeamento de medidas de protecção civil** (Artigo 12º). Com efeito, **a cheia de projecto** do descarregador de cheias deve ser justificada tendo em consideração, entre outros factores, o risco potencial induzido pela barragem (Artigo 14º). Também, o plano de observação da obra deverá ter em conta o risco potencial induzido (Artigo 18º). As Normas de Projecto Barragens (Portaria 846/93, de 10 de Setembro) definem os períodos de retorno a adoptar no dimensionamento dos órgãos da descarga e protecção contra cheias de acordo com os resultados da análise dos riscos potenciais, designadamente em função da ocupação do leito a jusante da barragem (Artigo 6º e o quadro do Anexo I das NPB). As Normas de Observação e Inspeção de Barragens (Portaria 847/93, de 10 de Setembro) definem um Índice Global de Risco envolvendo diversos factores de apreciação das condições de risco associadas à barragem, às condições ambientais ou exteriores e à ocupação humana (Artigo 8º e quadros anexos das NOIB). O valor deste índice deverá ser tido em consideração na definição do sistema de observação da barragem.

No projecto deverão ser previstos meios de telecomunicação permanentemente operacionais entre a barragem e centros de decisão ou operativos, destinados à transmissão de informações e ordens (Artigo 16º do RSB).

### - Fase de Exploração

No Artigo 38º, o RSB define o arquivo técnico da obra do qual deverão constar os dados relativos a **sistemas de aviso e alerta** e aos **planos de emergência de protecção civil**.

As medidas de protecção civil consignadas no RSB incluem o estudo de ondas de inundação, a determinação das alturas de ondas de inundação, a determinação das alturas de água a atingir nas zonas inundáveis e dos tempos de ocorrência respectivos (Artigo 42º).

De acordo com as Normas de Projecto de Barragens (Artigo 58º) o estudo da zona inundável a jusante, em caso de ruptura da barragem, deverá considerar a hipóteses da ruptura súbita e progressiva, parcial ou total, conforme o modo de ruptura mais provável e a existência de barragens em cascata. Deverá, então, ser feita a avaliação dos prejuízos materiais e da eventual perda de vidas humanas, avaliação essa que permitirá calcular o risco potencial que a barragem representa.

Devem ser indicados e assinaladas as zonas de segurança, os seus acessos, um sistema de aviso e alerta a instalar na zona e o plano de evacuação da área inundável.

O plano de emergência será elaborado com intervenção directa do centro operacional de protecção civil distrital e do dono da obra (Artigo 44º) Segundo o RSB, trata-se de um documento vinculativo que determine:

- as ligações hierárquicas e funcionais de todos os intervenientes;
- a coordenação de meios e recursos necessários para fazer face às consequências de um acidente ou de uma catástrofe;
- a periodicidade para a realização de treinos das operações previstas e para ensaio dos sistemas de aviso e alerta.

O plano será submetido a parecer da Comissão de Segurança de Barragens e a aprovação conjunta do SNPC e da Autoridade de Segurança.

Deve ser previsto um **sistema de aviso e alerta** que permita o aviso de situações de perigo em zonas que possam ser afectadas cujos encargos pertencem ao dono da obra, a quem compete a sua manutenção. Em caso de perigo iminente, que obrigue à imediata evacuação

das populações, deve ser accionado o sistema de aviso e alerta e feito aviso aos órgãos responsáveis indicados no plano de emergência (Artigo 45°).

### **3- GESTÃO DO RISCO NOS VALES**

O cumprimento do RSB tendo em conta a alteração de factores determinantes na segurança de barragens existentes, nomeadamente as condições hidrológicas e o envelhecimento da obra, e a gestão do risco como componente de gestão do território, inclui aspectos que merecem reflexão para melhorar a eficácia real da protecção dos habitantes dos vales.

De uma forma geral, a **questão do risco nos vales** tem como objectivo o controlo ou mitigação dos potenciais danos induzidos por acidentes ou incidentes em barragens.

A base da gestão do risco deverá ser a análise do risco referente a este tipo de evento perigoso (“hazard”). Assim, após a identificação do perigo há que proceder à avaliação do risco entendido como a expectativa das perdas e danos potenciais induzidos directamente por este evento. Entendido deste modo a análise do risco comporta uma análise quantitativa compreendendo:

- probabilidade de ocorrência do acidente ou ruptura da barragem;
- identificação e caracterização das consequências da inundação resultante da acidente;

Há ainda a considerar uma análise subjectiva relativa ao risco a qual depende da **percepção social** para com um eventual evento e da resposta potencial, presente e futura, das populações e que depende, também, das decisões dos responsáveis locais face à ameaça de um acidente e da consequente inundação, antes e após a respectiva ocorrência.

A **susceptibilidade humana** relativamente a um acidente deste tipo, independentemente da possibilidade de ocorrência do mesmo (Artigo 3° do RSB), depende dos seguintes dois factores principais:

- **exposição física** das populações à inundação, de acordo com a ocupação actual do vale e os mapas de inundação a elaborar em escala apropriada com base nas simulações das cheias provocadas por hipotéticas rupturas de barragens executadas com modelos hidrodinâmicos adequados, a qual poderá ser gerida com base num zonamento consequente que deverá ser tido em conta nos planos de ordenamento do território;
- **vulnerabilidade humana**, face às características sociológicas e culturais das populações, às características económicas da ocupação do vale e à preparação e informação das comunidades envolvidas na área de gestão e risco.

De um modo geral, a mitigação da vulnerabilidade das populações poderá ser conseguida através das seguintes medidas:

- preparação das populações;
- sistemas de previsão, aviso, alerta e potencial evacuação das populações;
- planeamento e controlo da ocupação do solo.

Deste modo, a gestão do risco pode proporcionar um constante controlo do risco impedindo o respectivo aumento por desleixo, ignorância ou pressão de grupos económicos locais. Em termos práticos a quantificação desta gestão de risco implicará, no caso particular de perdas de vidas humanas, o controlo da probabilidade de ruptura da barragem com um número N de vítimas expectáveis:

**[Probabilidade de ruptura anual com N vítimas expectáveis] =**

**= [Probabilidade de ocorrência anual das possíveis causas dos modelos de ruptura]**

**\***

**\* [Probabilidade condicional de ruptura da barragem] \***

**\* [Probabilidade de N vítimas mortais nas zonas inúndáveis]**

ou

$$RF = \left[ \sum_i^M (P_{MI} * f_{RI}) \right] * DV$$

sendo M o número de modos de ruptura e DV uma forma de quantificar a susceptibilidade humana, referida, neste caso, ao número de N vítimas mortais.

De uma forma geral, o factor de vulnerabilidade DV será o resultante dos factores parciais DV<sub>j</sub> referentes a diferentes zonas do vale em função da distância à barragem, tendo, por sua vez cada um função dos seguintes factores:

$$DV_j = FC * AE * OS * SI * CS * NP$$

em que

**FC** = características hidrodinâmicas da cheia provocada pela ruptura;

- altura máxima de água, h<sub>m</sub>;
- velocidade máxima da água, V<sub>M</sub>;
- perigosidade hidrodinâmica, h<sub>xv</sub>;
- tempos de chegada;
- tempo de subida da altura da água.

**AE** = tipo de sistema de aviso e alerta e eficácia operacional do mesmo, incluindo a antecipação do alarme e a periodicidade de treinos e exercícios;

**OS** = ocupação do solo por acidentes económicos e residências;

**SI** = susceptibilidade das infraestruturas ao impacto das cheias;

**CS** = características sociais ou sociológicas das populações em risco;

**NP** = número total de pessoas expostas.

A quantificação do risco não é fácil, existindo actualmente diversos critérios a nível internacional para graduar de um modo aproximado esta grandeza, nos casos de aplicação dos regulamentos e normas de projecto.

#### **4- PLANO DE EMERGÊNCIA E GESTÃO DA CRISE**

Um dos aspectos particulares a ter em conta na gestão do risco e a resposta a situações de emergência reais ou potenciais que exigirão uma gestão de crise muito eficaz para mitigar danos imediatos.

O plano de emergência a elaborar deverá conter o esqueleto da organização para fazer face a estas situações extremas.

De um modo geral estes planos poderão ser organizados do seguinte modo:

- **Identificação** das principais potenciais causas de acidentes na barragem, incluindo: **factores externos** (cheias, tempestades, deslizamentos de encostas, sismos, etc); **factores operacionais** (falhas estruturais, avarias, erosão, de energia para alimentação de equipamentos ou sistemas etc.) e **factores humanos ou de gestão da exploração** (responsabilidades mal definidas, incompetência profissional ou insuficiente formação técnica, erro humano etc).
- **Plano operacional** que define o que deve ser feito quando um evento perigoso é previsível ou já está em curso podendo conduzir a uma catástrofe.

O plano operacional deverá conter, entre outros, os seguintes elementos:

- **desencadeamento** do plano (em que condições e quem é que é responsável pelo desenrolar do plano de emergência);

- **índice** dos assuntos incluídos no Plano de Emergência por forma a ser fácil, em situação de emergência, a consulta do documento;
- **organização** em caso de emergência, incluindo o organograma actualizado a vigorar nesta circunstância;
- **cadeia de decisão** e informação (plano de notificação);
- **plano de acção** a desencadear obrigatoriamente;
- **mapas de inundação e de risco** para apoio em caso de emergência;
- **planos de evacuação**, com base nos mapas de inundação, que serão implementados pelos agentes da Protecção Civil;
- **recursos disponíveis** incluindo equipamento de reserva, elementos do projecto da barragem (desenho), veículos especiais, etc;
- **meios de informação ao público**, nomeadamente à comunicação social;
- **sistemas de comunicações** incluindo o grau de fiabilidade, soluções alternativas, etc.

A eficácia real de um plano de emergência implicará:

- a coordenação de diferentes entidades;
- a utilização de novas tecnologias de informação baseadas no computador;
- a informação e participação das populações e dos seus legítimos representantes;
- a acção consistente dos decisores locais.

Nesta conformidade, o **carácter reservado dos estudos** das zonas de inundação a comunicar ao SNPC, dado pelo RSB (Artigo 42º), carece de reflexão tendo em vista a eficácia real das medidas a implementar, sendo de realçar os resultados muito positivos do envolvimento das comunidades locais em alguns países, nomeadamente, os EUA.

## **5- SISTEMA DE AVISO E ALERTA**

Um componente fundamental do dispositivo de segurança e do sistema de gestão do risco nos vales a jusante de barragens é o sistema aviso e alerta (SAA) às populações. Com efeito, o SAA é um dos meios de mitigação dos potenciais danos resultantes de um acidente e, de um modo geral, da vulnerabilidade humana nos vales em causa.

A definição do SAA e sua consideração no plano de emergência dever ser matéria de reflexão tendo em vista a definição de critérios e de características gerais consistentes para a globalidade das barragens nacionais no âmbito do RSB.

Atendendo à complexidade das situações e às características dos potenciais acidentes em barragens, a definição de um SAA fiável e eficaz não é fácil. Com efeito, há que ter em conta os seguintes aspectos:

- previsão/deteção de emergências ou da possibilidade de acidente a curto prazo;
- identificação da situação de prontidão adequada;
- processo de notificação da cadeia de decisão;
- procura de desencadeamento do alarme e do aviso às populações;
- definição de critérios de actuação de protecção civil incluindo o processo de evacuação de populações.

O sistema de aviso e alerta deve ser desencadeado com base nas eventuais condições de perigo ou de emergência da barragem e na respectiva identificação operacional pelo responsável da exploração e segurança da mesma.

Os seguintes três factores colocam, no entanto, questões práticas a resolver:

- grau de automatismo de identificação e decisão/intervenção de decisor ou decisores responsáveis pela gestão de crise;
- antecipação e grau de reacção face ao tempo disponível/área e população abrangida;
- grau de fiabilidade e de eficácia/credibilidade do sistema.

O primeiro factor diz respeito à estrutura, definida no SAA, baseada num sistema de instrumentação e observação da barragem e da albufeira e à metodologia de tratamento da informação e de tomada de decisão que venha a ser adoptada.

O segundo factor depende das características hidrodinâmicas das potenciais cheias induzidas pelo cenários de acidente e da ocupação do vale. A experiência indica que 90 minutos é o intervalo de tempo mínimo para ser possível uma protecção eficaz. Para seguir este critério é necessário um controlo adequado do processo que leva ao desencadear do alarme e aviso e garantir um processo eficaz de transmissão do mesmo às populações em risco, incluindo o isolamento preventivo da área através da interdição de circulação das vias de comunicação terrestres nas zonas inundáveis ou de potencial evacuação.

A zona abrangida pode estender-se a distâncias relativamente longas e incluir zonas densamente habitáveis do tipo urbano ou zonas de habitação dispersa. Prever um SAA aplicável e eficaz poderá exigir meios de comunicação especiais e extraordinários, incluindo a aplicação de novas tecnologias de informação automatizadas de base colectiva ou personalizada.

O suporte do SAA, de tipo fixo e exclusivo (e. g. sirenes), de tipo móvel (e. g. helicópteros) ou de tipo colectivo (e. g. meios de comunicação social e agentes de segurança), vai influenciar o grau de fiabilidade do mesmo a longo prazo. A informação e a preparação do público e das autoridades locais e regionais (exercícios ou ensaios periódicos) são elementos a ter em conta no plano de emergência.

A definição do SAA deverá ter em conta as características da resposta das autoridades e das populações a qual depende das respectivas características socio-culturais. Este aspecto tem particular importância na preparação prévia dos textos de aviso a transmitir.

## 6- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A segurança nos vales a jusante de barragens e à aplicação do RSB é um problema actual e importante que suscita reflexões e carece de critérios práticos incluindo as respostas a

- como executar;
- como apresentar;
- como cumprir bem;
- como tornar útil e eficiente;
- como melhorar a segurança dos vales.

Os efeitos das potências cheias catastróficas induzidas por acidentes em barragens terão de ser uma preocupação real para:

- donos de obras;
- projectistas e consultores de engenharia;
- autoridades que licenciam ou aprovam obras nos vales e gerem o território;
- autoridades e agentes responsáveis pela protecção civil.

A gestão do risco é um **problema inter-disciplinar** envolvendo diferentes especialidades da Engenharia e das Ciências Sociais e exigindo uma **coordenação inter-institucional** muito eficaz, bem como a aplicação de novas tecnologias de informação.

Com efeito, para além de ser um **problema hidrodinâmico** exigindo a definição de cenários de catástrofe e a caracterização das potenciais inundações nos vales, tendo em conta os factores hidrológicos e estruturais, é, também, um **problema de gestão e planeamento** exigindo a interacção entre os decisores locais e regionais que está sujeito a condicionamentos na ocupação do solo e à actividade humana e um **problema de protecção civil** o qual envolve a participação e percepção social, a coordenação e treino dos agentes de segurança e a implementação de exercícios.

É, finalmente, um **problema de credibilidade** de lei e das instituições envolvidas tendo em vista a prevenção de catástrofes e a protecção das populações contra cheias. Na realidade, trata-se de um assunto complexo tal como prova o facto de já ter sido ultrapassado o prazo de cinco anos imposto pelo RSB para aplicação do mesmo às barragens existentes o que já poderia ter implicado a suspensão da exploração ou o abandono das barragens.

O Projecto NATO PO-FLOODRISK pretende, com as respectivas actividades, contribuir para uma maior segurança nos vales a qual pode ser conseguida através de um controlo do risco a montante, nas barragens e a jusante com a diminuição de vulnerabilidade implementando

- um controlo da ocupação;
- uma capacidade de previsão e de planeamento;
- uma coordenação eficaz nas situações de emergência.

Pode, assim concluir-se:

- 1- A aplicação do actual Regulamento de Segurança de Barragens é uma oportunidade para melhorar o nível de segurança e protecção das populações nos vales a jusante das barragens.

- 2- O envolvimento das autoridades locais e regionais e a coordenação com o INAG e o SPNC deverão ser estudados por forma a garantir uma resposta adequada em caso de eventual acidente e a diminuir os potenciais danos.
- 3- A informação deve ter um suporte computacional (base de dados) que permita a consulta, visualização e tratamento. A responsabilidade da análise ultrapassa o dono da obra e projecta-se na esfera da segurança nacional e regional e das estruturas de protecção civil.
- 4- A utilidade do esforço técnico só será reflectida num ganho real da segurança e de protecção no caso de a informação ser integrada num esquema nacional que tenha em conta a participação, a diversos níveis, da gestão local e regional e a participação das populações interessadas.
- 5- O controlo do risco de cheias provocadas por acidentes de barragens deve ser coordenado e integrado com a gestão global do risco nos vales, incluindo as cheias resultantes da exploração das barragens ou naturais.
- 6- Há que evitar que os planos de emergência e os sistemas de segurança fiquem rapidamente obsoletos: há que implementar metodologias de actualização da informação incluindo a prática de treinos ou exercícios.
- 7- Há que evitar que os planos de emergência e os sistemas de aviso e alerta venham a ser desenvolvidos de forma casuística, sem uma estrutura consistente para a generalidade dos casos não deixando, porém, de serem flexíveis.